

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 2 4 日  
Date of Application:

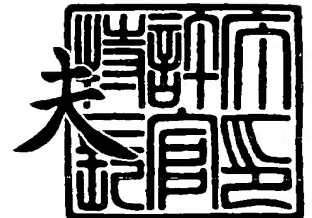
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 4 6 2 3 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 4 6 2 3 6 ]

出      願      人                      株式会社東芝  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    1 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000300514

【提出日】 平成15年 2月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03F 1/08

【発明の名称】 フォーカスモニタ方法及びマスク

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 出羽 恭子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 浅野 昌史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 藤澤 忠仁

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108855

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵田 昌俊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォーカスモニタ方法及びマスク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターン、及び実効的な露光量に応じて寸法が変化する露光量メータを前記ウェハ上に形成する露光量モニタパターンが配置されたマスクを用意する工程と、

前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係と、露光量との関係を求める工程と、

前記マスクを用いてフォーカスモニタパターン及び露光量メータをウェハ上に形成する工程と、

前記露光量メータの寸法を測定し、実効的な露光量を求める工程と、

求められた実効的な露光量と、前記フォーカスモニタマークの大きさとデフォーカス量との関係と露光量との関係とから、前記実効的な露光量に応じた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、

前記フォーカスモニタマークの寸法を測定する工程と、

測定されたフォーカスモニタマークの寸法と、前記実効的な露光量に応じたフォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係に基づいてデフォーカス量を求める工程とを含むことを特徴とするフォーカスモニタ方法。

【請求項 2】 デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターンが配置された第 1 のマスクを用意する工程と、

複数の露光量について、前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、

求められた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係の露光量に応じたバラツキ量を求める工程と、

求められたバラツキ量が所定値より大きい場合、前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係と、露光量との関係を求める工程と、

前記露光量メータの大きさと、露光量との関係を求める工程と、

デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターン、及び実効的な露光量に応じて寸法が変化する露光量メータを前記ウェハ上に形成する露光量モニタパターンが配置された第2のマスクを用意する工程と、

前記第2のマスクを用いてフォーカスモニタマーク及び露光量メータをウェハ上に形成する工程と、

前記露光量メータの大きさを測定し、実効的な露光量を求める工程と、

求められた実効的な露光量と、前記フォーカスモニタマークの大きさとデフォーカス量との関係と露光量との関係とから、前記実効的な露光量に応じた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、

前記フォーカスモニタマークの寸法を測定する工程と、

測定されたフォーカスモニタマークの寸法と、前記実効的な露光量に応じたフォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係に基づいてデフォーカス量を求める工程とを含むことを特徴とするフォーカスモニタ方法。

【請求項3】 前記フォーカスモニタパターンは、遮光部で囲まれて、第1の開口部で形成、または第1の開口部で囲まれて遮光部で形成された少なくとも1つのモニタパターンを有する第1のパターン領域と

半透明膜で囲まれて、第2の開口部で形成、または第2の開口部で囲まれて半透明膜で形成され、第2の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第2のパターン領域とを具備し、

前記フォーカスモニタ用マークの大きさとデフォーカスとの関係を求める際、第1のパターン領域のモニタパターンの寸法と第2のパターン領域のパターンの寸法との差、または比を求めることを特徴とする請求項1又は2に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項4】 前記フォーカスモニタ用パターンは、第1の開口部で囲まれて、第1の半透明膜で形成、または第1の半透明膜で囲まれて第1の開口部で形成され、第1の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第1のパターン領

域と

第2の開口部で囲まれて第2の半透明膜で形成、または第2の半透明膜で囲まれて第2の開口部で形成され、第2の開口部を通過する露光光に対して第2の半透明膜を通過する露光光に第1のパターン領域とは異なる位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第2のパターン領域とを具備し、

前記フォーカスモニタ用マークの大きさとデフォーカスとの関係を求める際、第1のパターン領域のモニタパターンの寸法と第2のパターン領域のパターンの寸法との差 $L$ 、または比を求めることを特徴とする請求項1又は2に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項5】 前記各モニタパターンは、一方向にそって中央部に対して両端部が細い形状であることを特徴とする請求項3又は4に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項6】 前記露光量モニタパターンは、前記投影露光装置で解像することができない一定幅 $p$ 内に遮光部と透光部とが一方向に配列された複数のブロックが断続的、または連続的に前記一方向に配列され、該ブロックの遮光部と透光部との寸法比が前記一方向に単調に変化するパターンであることを特徴とする請求項1又は2に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項7】 該マスクを露光する露光装置の波長を $\lambda$ 、ウェハ側の開口数を $NA$ 、コヒーレンスファクタ $\sigma$ としたとき、ウェハ上におけるピッチ $P$ が、

【数1】

$$\frac{1}{P} \geq (1 + \sigma) \frac{NA}{\lambda}$$

を満たすパターンであり、

前記計測工程では  
前記ブロックの配列方向の長さを測定することを特徴とする請求項6に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項8】 第1のパターン領域のモニタパターンの寸法と第2のパターン領域のパターンの寸法との差 $L$ と、デフォーカス量 $F$ と、露光量 $E$ とは、

## 【数 2】

$$L = \sum_{n=0} a_n E_n * F + \sum_{n=0} a'_{n=0} E^n$$

$a$  : 係数、 $n$  : 整数

で表されることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項 9】 デバイスパターンが形成されたデバイス領域と、

第 1 の開口部で囲まれて、第 1 の半透明膜で形成、または第 1 の半透明膜で囲まれて第 1 の開口部で形成され、第 1 の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第 1 のパターン領域と、

第 2 の開口部で囲まれて第 2 の半透明膜で形成、または第 2 の半透明膜で囲まれて第 2 の開口部で形成され、第 2 の開口部を通過する露光光に対して第 2 の半透明膜を通過する露光光に第 1 のパターン領域とは異なる位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第 2 のパターン領域と、

前記投影露光装置で解像することができない一定幅  $p$  内に遮光部と透光部とが一方に配列された複数のブロックが断続的、または連続的に前記一方に配列され、該ブロックの遮光部と透光部との寸法比が前記一方に単調に変化するパターン第 3 のパターン領域とを具備し、

前記第 1 のパターン領域又は第 2 のパターン領域の一方は、少なくとも前記デバイス領域に形成されていることを特徴とするマスク。

【請求項 10】 デバイスパターンが形成されたデバイス領域と、

遮光部で囲まれて、第 1 の開口部で形成、または第 1 の開口部で囲まれて遮光部で形成された少なくとも一つのモニタパターンを有する第一のパターン領域と、

半透明膜で囲まれて、第 2 の開口部で形成、または第 2 の開口部で囲まれて半透明膜で形成され、第 2 の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第 2 のパターン領域と、

前記投影露光装置で解像することができない一定幅  $p$  内に遮光部と透光部とが一方方向に配列された複数のブロックが断続的、または連続的に前記一方方向に配列され、該ブロックの遮光部と透光部との寸法比が前記一方方向に単調に変化する第 3 のパターン領域とを具備し、

前記第 1 のパターン領域又は第 2 のパターン領域の一方は、少なくとも前記デバイス領域に形成されていることを特徴とするマスク。

【請求項 1 1】 前記各モニタパターンは、一方方向にそって中央部に対して両端部が細い形状であることを特徴とする請求項 9 又は 1 0 に記載のマスク。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子や液晶表示素子等の製造に関して投影露光装置におけるフォーカス条件を設定するのに適したフォーカスモニタ方法及びマスクに関する

【0 0 0 2】

【従来の技術】

フォーカスずれ量を高精度かつ簡便に測定する方法として、フォーカスの変化が検出可能なパターン（フォーカスモニタパターン）が配置されたフォーカスモニタマスクを露光し、転写後におけるモニタマークの線幅を、線幅測定装置（光学式の線幅測長器、SEM等）、または、露光装置自体に内蔵された線幅測定機能を用いて測定し、その結果よりフォーカスの変動量を求める方法がある（例えば、特許文献 1）。

【0 0 0 3】

特許文献 1 に記載されたフォーカスモニタパターンにより、フォーカス量変動してもデフォーカス量を測定することができる。しかしながら、設定露光量によっては、変換カーブが、露光量によって変化してしまう場合がある。設定露光量はデバイスのレイヤーごとに決められているが、レイヤー間の設定露光量に大きな差がある場合、フォーカスモニタパターンにとっての最適露光量（変換カーブの露光量依存性が小さい露光量範囲）からのずれが大きい場合が生じる。この問題に対しては、レイヤーごとにフォーカスモニタパターンを最適設計すること



が理想であるが、パターンの作成に時間とコストがかかるため、より簡便な方法が必要とされていた。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 1 0 0 3 9 2 号公報

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、フォーカスモニタパターンの最適露光量から大きくずれた露光量で露光すると、変換カーブに露光量依存性が生じてしまい、求められるデフォーカス量の誤差が大きくなるという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、最適露光量から大きくずれた露光量でフォーカスモニタパターンを露光しても、求められるデフォーカス量の誤差を小さくすることができるフォーカスモニタ方法及びマスクを提供することにある。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【 0 0 0 8 】

(1) 本発明の一例に係わるフォーカスモニタ方法は、デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターン、及び実効的な露光量に応じて寸法が変化する露光量メータを前記ウェハ上に形成する露光量モニタパターンが配置されたマスクを用意する工程と、前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係と、露光量との関係を求める工程と、前記マスクを用いてフォーカスモニタパターン及び露光量メータをウェハ上に形成する工程と、前記露光量メータの寸法を測定し、実効的な露光量を求める工程と、求められた実効的な露光量と、前記フォーカスモニタマークの大きさとデフォーカス量との関係と露光量との関係とから、前記実効的な露光量に応じた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、前記フォーカスモニタマークの寸法を測定する工程と、測定され

たフォーカスモニタマークの寸法と、前記実効的な露光量に応じたフォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係に基づいてデフォーカス量を求める工程とを含むことを特徴とする。

#### 【0009】

(2) 本発明の一例に係わるフォーカスモニタ方法は、デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターンが配置された第1のマスクを用意する工程と、複数の露光量について、前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、求められた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係の露光量に応じたバラツキ量を求める工程と、求められたバラツキ量が所定値より大きい場合、前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係と、露光量との関係を求める工程と、前記露光量メータの大きさと、露光量との関係を求める工程と、デフォーカス量に応じて寸法が変化するフォーカスモニタマークをウェハ上に形成するフォーカスモニタパターン、及び実効的な露光量に応じて寸法が変化する露光量メータを前記ウェハ上に形成する露光量モニタパターンが配置された第2のマスクを用意する工程と、前記第2のマスクを用いてフォーカスモニタマーク及び露光量メータをウェハ上に形成する工程と、前記露光量メータの大きさを測定し、実効的な露光量を求める工程と、求められた実効的な露光量と、前記フォーカスモニタマークの大きさとデフォーカス量との関係と露光量との関係とから、前記実効的な露光量に応じた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、前記フォーカスモニタマークの寸法を測定する工程と、測定されたフォーカスモニタマークの寸法と、前記実効的な露光量に応じたフォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係に基づいてデフォーカス量を求める工程とを含むことを特徴とする。

#### 【0010】

(3) 本発明の一例に係わるマスクは、デバイスパターンが形成されたデバイス領域と、第1の開口部で囲まれて、第1の半透明膜で形成、または第1の半透明膜で囲まれて第1の開口部で形成され、第1の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパ

ターンを有する第1のパターン領域と、第2の開口部で囲まれて第2の半透明膜で形成、または第2の半透明膜で囲まれて第2の開口部で形成され、第2の開口部を通過する露光光に対して第2の半透明膜を通過する露光光に第1のパターン領域とは異なる位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第2のパターン領域と、前記投影露光装置で解像することができない一定幅  $p$  内に遮光部と透光部とが一方向に配列された複数のブロックが断続的、または連続的に前記一方向に配列され、該ブロックの遮光部と透光部との寸法比が前記一方向に単調に変化するパターン第3のパターン領域とを具備し、前記第1のパターン領域又は第2のパターン領域の一方は、少なくとも前記デバイス領域に形成されていることを特徴とする。

#### 【0011】

(4) 本発明の一例に係わるマスクは、デバイスパターンが形成されたデバイス領域と、遮光部で囲まれて、第1の開口部で形成、または第1の開口部で囲まれて遮光部で形成された少なくとも1つのモニタパターンを有する第一のパターン領域と、半透明膜で囲まれて、第2の開口部で形成、または第2の開口部で囲まれて半透明膜で形成され、第2の開口部を通過する露光光に対して半透明膜を通過する露光光に所定の位相差を与える少なくとも一つのモニタパターンを有する第2のパターン領域と、前記投影露光装置で解像することができない一定幅  $p$  内に遮光部と透光部とが一方向に配列された複数のブロックが断続的、または連続的に前記一方向に配列され、該ブロックの遮光部と透光部との寸法比が前記一方向に単調に変化する第3のパターン領域とを具備し、前記第1のパターン領域又は第2のパターン領域の一方は、少なくとも前記デバイス領域に形成されていることを特徴とする。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

#### 【0013】

図1は、本発明の一実施形態に係わるマスクの概略構成を示す平面図である。図1に示すように、マスク100には、フォーカスモニタパターン200と、実

効露光量測定用の露光量モニタパターン 300 とが近接して配設されている。なお、フォーカスモニタパターン 200 及び露光量モニタパターン 300 は、デバイスパターンが形成されているデバイス領域 102 の周囲のダイシングライン 101 に形成されている。

#### 【0014】

フォーカスモニタパターンの構成を図 2 を用いて説明する。図 2 (a) はフォーカスモニタパターンの構成を示す平面図、図 2 (b) は図 2 (a) の A-A' 部の断面図である。図中の 201 はガラス等の透明基板、202 は  $\text{SiO}_2$  等の半透明膜、203 は Cr 等の遮光膜を示す。また、第 1 のパターン領域 210 には、遮光膜 203 に囲まれた菱形マーク（第 1 の開口部）211 が形成されている。第 2 のパターン領域 220 には、半透明膜 202 に囲まれた菱形マーク（第 2 の開口部）221 が形成されている。なお、半透明膜 202 は、露光光に対して透過率が 6 % であり、位相を 180 度ずらす作用を持っている。

#### 【0015】

菱形マーク 211 を形成した第 1 のパターン領域 210 及び菱形マーク 221 を形成した第 2 のパターン領域 220 では、各マークが一定のピッチで 5 つずつ配置されている。そして、菱形マーク 211, 221 は、図 2 に示す平面図の通り、ウェハ換算上で X 軸方向の長さが  $12\ \mu\text{m}$ 、Y 軸方向の幅が  $0.18\ \mu\text{m}$  で、さらにピッチは  $0.36\ \mu\text{m}$  となっている。なお、第 2 の開口部である菱形マーク 221 の部分では、半透明膜 202 を通過する露光光と開口部 221 を通過する露光光とに 90 度の位相差を付けるために、基板が例えば  $124\ \text{nm}$  堀込まれている。このフォーカスモニタパターンの適切な露光量は、 $7.5\ \text{mJ}/\text{cm}^2$  である。

#### 【0016】

図 3 に、菱形マーク 211 及び菱形マーク 221 が転写されて形成されたフォーカスモニタマークの長辺の寸法差とデフォーカス量との関係の露光量依存性を示す。図 3 では、適切露光量  $7.5\ \text{mJ}/\text{cm}^2$  を中心として、露光量を  $\pm 1\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$  に変化させた場合の寸法差とデフォーカス量との関係を示している。図 3 に示すように、露光量を  $\pm 10\%$  の範囲で変化させても、変換カ

ープの位置はほとんど変化しないことが分かる。従って、露光量が  $7.5 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  変化した場合においても、デフォーカス量を高精度に測定できる。

#### 【0 0 1 7】

図 2 (a) では、向きが異なる 2 種類のフォーカスモニタパターンが形成されている。これは、露光装置の光学系の収差が大きい場合、パターンの向きに応じて形成されるマークの大きさが異なることがある。このよう場合、それぞれのフォーカスモニタマークで得られたデフォーカス量の平均をデフォーカス量とする。その結果、光学系の収差の影響を抑制することができる。

#### 【0 0 1 8】

次に、露光量モニタパターンの構成を図 4 を用いて説明する。図 4 は、露光量モニタパターンの構成を示す平面図である。

図 4 に示すように、露光量モニタパターン 3 0 0 は、透光部 3 0 1 と遮光部 3 0 2 とが露光装置で解像しない幅  $p$  のブロック内に配列されている。複数のブロックが、ブロック内の透光部 3 0 1 と遮光部 3 0 2 との配列方向に、連続的に配列されている。そして、前記配列方向では、ブロック内の透光部 3 0 1 と遮光部 3 0 2 とのデューティ比が単調に変化している。なお、複数のブロックが断続的に配列されていても良い。

#### 【0 0 1 9】

この露光量モニタパターンに照明光を照射すると、基板面上での露光量モニタパターンの回折光の光強度分布は、フォーカス位置に依存しない単調減少又は単調増加である。

#### 【0 0 2 0】

実効的な露光量をモニタしたいマスクが、開口数  $NA$ 、コヒーレントファクター  $\sigma$ 、波長  $\lambda$  の露光装置にセットされた場合を考える。この装置で解像しないブロックの幅  $p$  (ウェハ上寸法) の条件は、回折理論より、

【数 3】

$$\frac{1}{p} \geq (1 + \sigma) \frac{NA}{\lambda}$$

となる。

#### 【0021】

基板上にフォトレジスト膜を形成しておくことで、フォーカスの状態に依存しない照射量の傾斜分布に対応した潜像（露光量メータ）がフォトレジスト膜に形成される。フォトレジスト膜に形成された潜像、又はフォトレジスト膜を現像して得られるパターンの一方向の長さを測定することによって、露光量が測定される。露光量メータの長さと露光量の関係を図5に示す。

#### 【0022】

計測されたフォーカスモニタマークの寸法と、デフォーカス量、露光量とは、次の式で示すことができる。

#### 【0023】

【数4】

$$L = \sum_{n=0} a_n E_n * F + \sum_{n=0} a'_{n=0} E^n$$

#### 【0024】

L: 第1のパターン領域210のマークと第2のパターン領域のマークの寸法差、F: デフォーカス量、E: 露光量、a: 係数、n: 整数位相差

従って、測定されるフォーカスモニタ用パターンの寸法が露光量によってばらついた場合は、露光量メータから求めた実効露光量を用いて、まずフォーカスモニタ用パターンの変換カーブを取り除き、算出したデフォーカス量の露光量依存性を取り除くことが可能である。

#### 【0025】

まず、設定露光量が実効露光量に応じた変換カーブの補正が必要か不要かを判定する。そして、変換カーブの補正が必要な場合には、実効露光量と変換カーブとの関係を求める必要がある。この方法について図6を参照して説明する。図6は、本発明の一実施形態に係わるデフォーカス量の測定方法の一部を示すフローチャートである。

#### 【0026】

ウェハ上のフォトレジスト膜に、マスクに形成されたパターンを複数の設定露

光量で露光を行って、変換カーブの露光量依存性を調べる（ステップ S 1 0 1）

。

#### 【 0 0 2 7 】

具体的には、 $30 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の設定露光量を中心に、 $-10\%$  から  $+10\%$  まで変化させて露光を行った。図 7 には、寸法差とデフォーカス量の関係（変換カーブ）の露光量依存性を示す。グラフは、露光量  $30 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  を中心として、設定露光量を  $-10\%$ 、 $-5\%$ 、 $-1\%$ 、 $0\%$  ( $30 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ )、 $+1\%$ 、 $+5\%$ 、 $+10\%$  と変化させた場合の、寸法差とデフォーカスとの関係を示したものである。図 7 に示した結果から、変換カーブが設定露光量によって異なる（グラフ中の各直線がばらついている）ことがわかる。

#### 【 0 0 2 8 】

変換カーブを求めるときの条件を以下に示す。ウェハ上には、膜厚  $60 \text{ nm}$  の塗布型反射防止膜、及び膜厚  $0.4 \mu\text{m}$  の化学増幅系ポジ型フォトリソ膜が形成されている。反射防止膜及びフォトリソ膜は、スピンコーティング法を用いて形成される。

#### 【 0 0 2 9 】

露光装置の投影光学系の縮小比  $1/4$ 、露光波長  $248 \text{ nm}$ 、 $\text{NA} = 0.6$ 、コヒーレンスファクタ  $\sigma = 0.75$ 、輪帯遮蔽率  $\epsilon = 0.67$  である。この露光装置の場合、露光量モニタパターンはピッチが  $0.19 \mu\text{m}$ 、幅が  $2 \mu\text{m}$  で、スペースの寸法がウェハ換算上で  $0.625 \text{ nm}$  ずつ連続的に変化したものを使用した。

#### 【 0 0 3 0 】

次に、露光が終了したウェハを、 $100^\circ\text{C}$ 、 $90$  秒でポストエクスポージャーバーク（PEB）したあと、 $0.21$  規定のアルカリ現像液にて  $60$  秒現像を行う。

#### 【 0 0 3 1 】

次に、処理されたウェハ上の 2 種類の楔型パターンを、光学式の線幅測定器によって測長し、第 2 のパターン部 2 2 0 のマークが転写されて形成された楔型パターンにおける X 軸方向の寸法  $L'$  と第 1 のパターン部 2 1 0 のマークが転写さ

れて形成されたパターン寸法 $\Delta$ との差を求める。この寸法差の特性が、デフォーカスに対して単調増加していることから、フォーカスの位置ずれ量を、符号を含めて求めることができる。

#### 【0032】

次いで、変換カーブの露光量依存性を求めた後、露光量の変化によるデフォーカス量のバラツキを測定する（ステップS102）。図7に示すように、それぞれの露光量での変換カーブを  $y = ax + b$  という1次式で近似する。そしてそれぞれの近似式のy軸切片（b）のバラツキを求める。ここでは最大値  $b_{\max}$  - 最小値  $b_{\min}$  で求められる。y軸切片のバラツキを傾き a で割る。求められた値は、露光量の変化によるデフォーカス量のバラツキとなる。

#### 【0033】

求められたバラツキがスペック値以下であるか判定する（ステップS103）。本実施形態の場合、スペック値は10nmである。また、図7に示す変換カーブの場合、バラツキは50nmであった。

#### 【0034】

バラツキが、スペック値以下の場合（例えば図3）、求められた変換カーブの一つをその露光量での変換カーブとして決定する（ステップS104）。

#### 【0035】

バラツキが、スペック値より大きい場合、変換カーブと露光量との関係を求める（ステップS105）。ここでは、先に求められた係数bの露光量依存性を求める。露光量に対する係数bを図8に示す。露光量に対する係数bを2次の関数で近似する。図8の場合、2次関数は  $y = 0.0028x^2 - 0.2081x + 4.4479$  である。

以上で、変換カーブの補正の必要性及び実効露光量と変換カーブの関係とが求められる。

#### 【0036】

次に、バラツキがスペック値より大きく、実効露光量に応じて変換カーブの補正の必要がある場合におけるデフォーカス量の測定方法を図9を参照して説明する。図9は、本発明の一実施形態に係わるデフォーカス量測定方法を示すフロー



チャートである。

#### 【 0 0 3 7 】

実際のウェハに前述したマスクを用いて露光し、フォーカスモニタマーク及び露光量メータを形成する（ステップ S 2 0 1）。露光・現像条件は前述の条件と同様である。

#### 【 0 0 3 8 】

次いで、2 種類のフォーカスモニタマーク及び露光量メータの寸法を測定する（ステップ S 2 0 2）。2 種類のフォーカスモニタマークの寸法差を求める。露光量メータの寸法から、実効的な露光量を求める（ステップ S 2 0 3）。

#### 【 0 0 3 9 】

求められた実効的な露光量を前述した関数の  $x$  に代入して計算し、係数を得る（ステップ S 2 0 4）。次いで、変換カーブの切片と計算された係数とが等しくなるように変換カーブを  $y$  方向に並行移動させ、変換カーブを補正する（ステップ S 2 0 5）。図 7 には複数の変換カーブが存在したが、ここでは、設定露光量  $30 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の時の変換カーブを移動させる。

#### 【 0 0 4 0 】

次いで、フォーカスモニタマークの寸法差と補正された変換カーブを用いてデフォーカス量を求める（ステップ S 2 0 6）。

#### 【 0 0 4 1 】

上述した、本方法を用いてウェハ面内のフォーカスバラツキを求めた結果を図 1 0 に示す。又、従来の方法で得られたウェハ面内のフォーカスバラツキを求めた結果を図 1 1 に示す。従来法の場合、露光量オフセットが原因と思われる系統的な分布になった。図 1 0 に示すように、本方法の場合、デフォーカスの分布から露光量変動分が原因と考えられた系統誤差を取り除くことができている。

#### 【 0 0 4 2 】

本方法によれば、マスクにフォーカスモニタパターン及び露光量モニタパターンを形成し、レジストに形成された露光量メータの寸法から実効的な露光量を測定し、測定された実効的な露光量に基づいて変換カーブを補正することによって、最適露光量から大きくずれた設定露光量でも、デフォーカス量の誤差を小さくする

ことができる。

#### 【 0 0 4 3 】

本実施形態においては、露光装置と独立した光学式の線幅測定器を用いて、フォーカス検出マークを測定したが、露光装置自体に内蔵された線幅測定機能や SEM 等の光学式以外の測定装置を用いることも可能である。また、フォーカスモニタマークは、線幅測定装置で測定可能なマークであればよく、楔型の形状は、必ずしも先端を鋭利に形成する必要はなく、中央部よりも先端部が短く形成されていればフォーカスモニタマークとしての機能を発揮する。

#### 【 0 0 4 4 】

さらにフォーカスモニタパターンのサイズ、ピッチ、及び、半透明膜部分の透過率および露光量モニタパターンの幅、ピッチは、本実施形態で示したものだけに限定されるものではなく、使用する露光条件によって種々変更することで、よりフォーカス検出性能の向上をはかることができる。

#### 【 0 0 4 5 】

さらにフォーカスをモニタするマークは先細りパターンにかぎらず、図 1 2 に示すようにデバイスパターンを使用することもできる。図 1 2 は、マスクの構成を示す図である。図 1 2 (a) はマスク全体を示す平面図、図 1 2 (b) はフォーカスモニタパターンの構成を示す平面図、図 1 2 (c) はデバイス領域 1 0 2 の構成を示す平面図である。図 1 2 に示すように、マスク 4 0 0 のフォーカスモニタパターン 5 0 0 が形成されている。フォーカスモニタマークは、第 1 のパターン領域 5 1 0 と第 2 のパターン領域 5 2 0 とから構成されている。第 1 のパターン領域 5 1 0 には、遮光膜 2 0 3 で囲まれた開口 5 1 1 が形成されている。第 2 のパターン領域 5 2 0 には、半透明膜 2 0 2 で囲まれた開口 5 2 1 が形成されている。そして、デバイス領域 1 0 2 には、遮光膜 2 0 3 で囲まれた開口 1 0 3 が形成されている。このデバイス領域 1 0 2 のパターンは、素子分離パターンである。

#### 【 0 0 4 6 】

開口 5 1 1 と開口 5 2 1 との寸法を測定するのではなく、開口 5 2 1 と開口 1 0 3 との寸法をそれぞれ測定し、二つの開口 1 0 3, 5 2 1 の寸法差からデフォ

ーカス量を求めることができる。なお、デバイスパターンは図に示した素子分離パターンに限らず、様々なパターンを用いることができる。

#### 【0047】

なお、上述したフォーカスモニタパターンと異なり、第1及び第2のパターン領域の何れにも半透明膜を設け、菱形マークの形成により、第1のパターン領域と第2のパターン領域とで異なるの位相差を持たせても良い。

#### 【0048】

例えば、図13に示すように、菱形マーク（第1の開口部）231を形成した第1のパターン領域230では、開口部に露出する基板201を一部掘込む（例えば124 nm）ことにより、開口部である菱形マーク231を通過する光に対しその周辺の半透明膜202を通過する光は+90度の位相差を持つことになる。また、菱形マーク（第2の開口部）241を形成した第2のパターン領域240では、開口部に露出する基板201を一部掘込む（例えば372 nm）ことにより、開口部である菱形マーク241を通過する光に対しその周辺の半透明膜10を通過する光は-90度の位相差を持つようにしている。

#### 【0049】

また、本実施形態では第1のパターン領域と第2のパターン領域で同じ半透明膜を用い、開口部の透明基板を掘込む量を変えることにより第1のパターン領域と第2のパターン領域とで異なる位相差を持たせたが、この代わりに第1と第2のパターン領域で異なる半透明膜を用いてもよい。

#### 【0050】

また、第1のパターン領域210、230における遮光膜又は半透明膜部と開口部との関係は、逆にしてもよい。即ち、開口部で囲まれて菱形若しくは楔形の遮光膜又は半透明膜で形成されたモニタパターンを有するようにしてもよい。同様に、第2のパターン領域220、240における半透明膜部と開口部との関係も逆にしてもよい。即ち、開口部で囲まれて菱形若しくは楔形の半透明膜で形成されたモニタパターンを有するようにしてもよい。そして、これらの何れの組み合わせを用いても、本実施形態と同様の効果が得られる。

#### 【0051】

本実施形態では、90度の位相差を持った半透明膜のマークを使用したか、位相差は、90度に限定されたものではなく、遮光膜部の楔型マークと、半透明膜部の楔型マークとのベストフォーカス位置変化を生じさせるものであればよい。

#### 【0052】

本実施形態では、位相差フォーカスモニタの変換カーブを一次直線であると仮定したが、これに限られることなく、変換カーブの特性を表すことができれば、種種の関数を用いることができる。

#### 【0053】

また、上記実施形態では、変換カーブの補正の必要／不要を判定するのに、露光量モニタパターンが形成されたマスクを用いていたが、判定時には形成されていないマスクを用いても良い。

#### 【0054】

また、本実施形態ではデバイスのダイシングラインにマークを配置したが、ダイシングラインである必要はなく、デバイス領域の所定の位置に位相差フォーカスモニタマークおよび露光量モニタマークを配置して使用することや、これらのマークを含んだテストマスクを使用することによってもフォーカスをモニタすることができる。

#### 【0055】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。更に、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

#### 【0056】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、マスクにフォーカスモニタパターン及び露光量モニタパターンを形成し、ウエハ上に形成された露光量メータの寸法から

実効的露光量を測定し、測定された実効的露光量に基づいて変換カーブを補正することによって、最適露光量から大きくずれた設定露光量でも、デフォーカス量の誤差を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態に係わるマスクの概略構成を示す平面図。

【図 2】 フォーカスモニタの構成を示す平面図。

【図 3】 菱形マーク 2 2 1 及び菱形マーク 2 2 1 の長辺の寸法差とデフォーカス量との関係の露光量依存性を示す。

【図 4】 露光量モニタパターンの構成を示す平面図。

【図 5】 露光量メータの長さとの露光量との関係を示す図。

【図 6】 本発明の一実施形態に係わるデフォーカス量の測定方法の一部を示すフローチャート。

【図 7】 寸法差とデフォーカス量との関係（変換カーブ）の露光量依存性を示す図。

【図 8】 露光量に対する係数  $b$  を示す図。

【図 9】 本発明の一実施形態に係わるデフォーカス量測定方法を示すフローチャートである。

【図 1 0】 本方法を用いてウェハ面内のフォーカスバラツキを求めた結果を示す平面図。

【図 1 1】 従来方法を用いてウェハ面内のフォーカスバラツキを求めた結果を示す平面図。

【図 1 2】 マスクの構成の変形例を示す平面図。

【図 1 3】 フォーカスモニタパターンの構成の変形例を示す図。

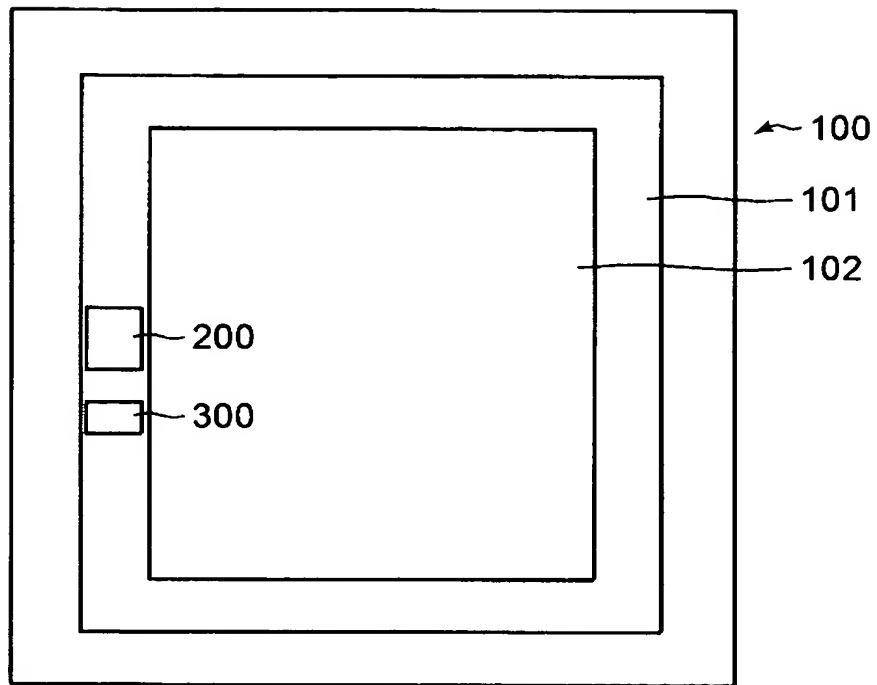
【符号の説明】

1 0 0…マスク, 1 0 1…ダイシングライン, 1 0 2…デバイス領域, 2 0 0…フォーカスモニタパターン, 2 0 1…透明基板, 2 0 2…半透明膜, 2 0 3…遮光膜, 2 1 0…第 1 のパターン領域, 2 1 1…菱形マーク, 2 2 0…第 2 のパターン領域, 2 2 1…菱形マーク

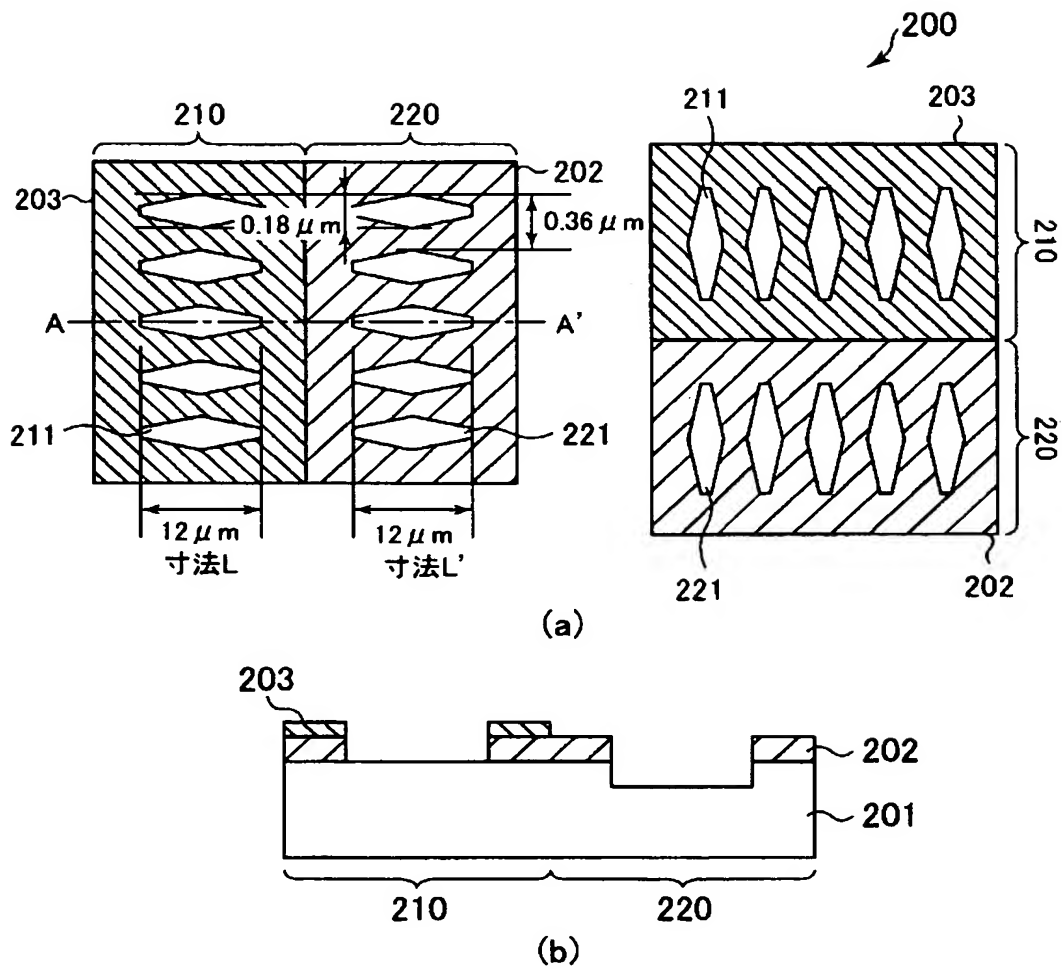
【書類名】

図面

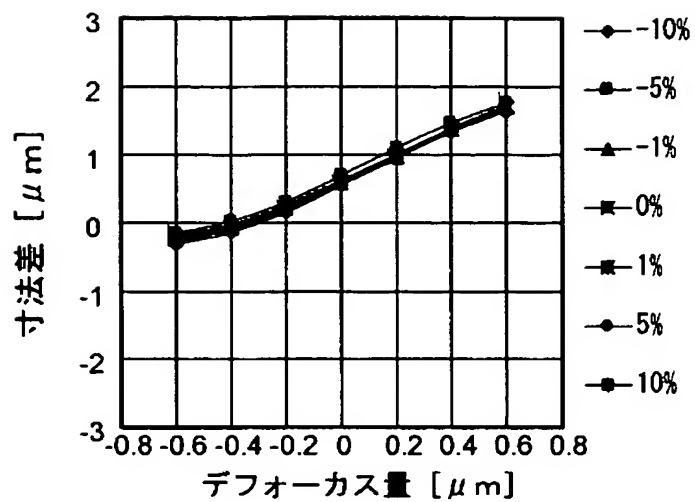
【図 1】



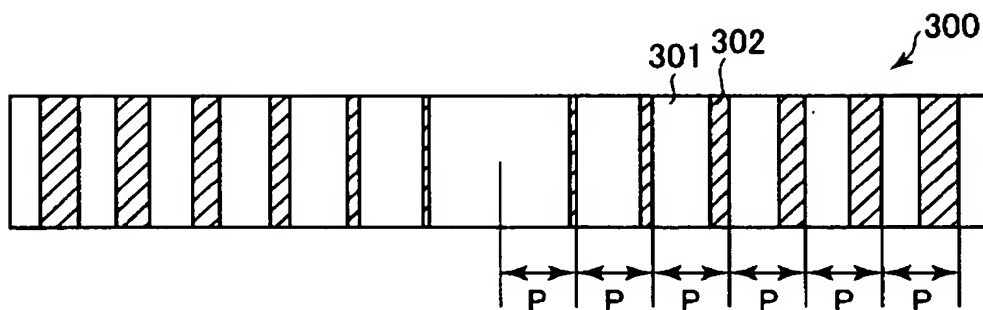
【図 2】



【図 3】

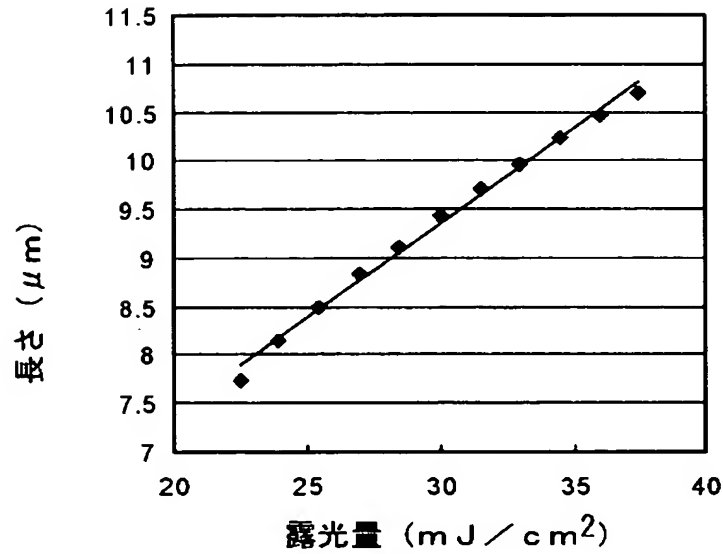


【図 4】

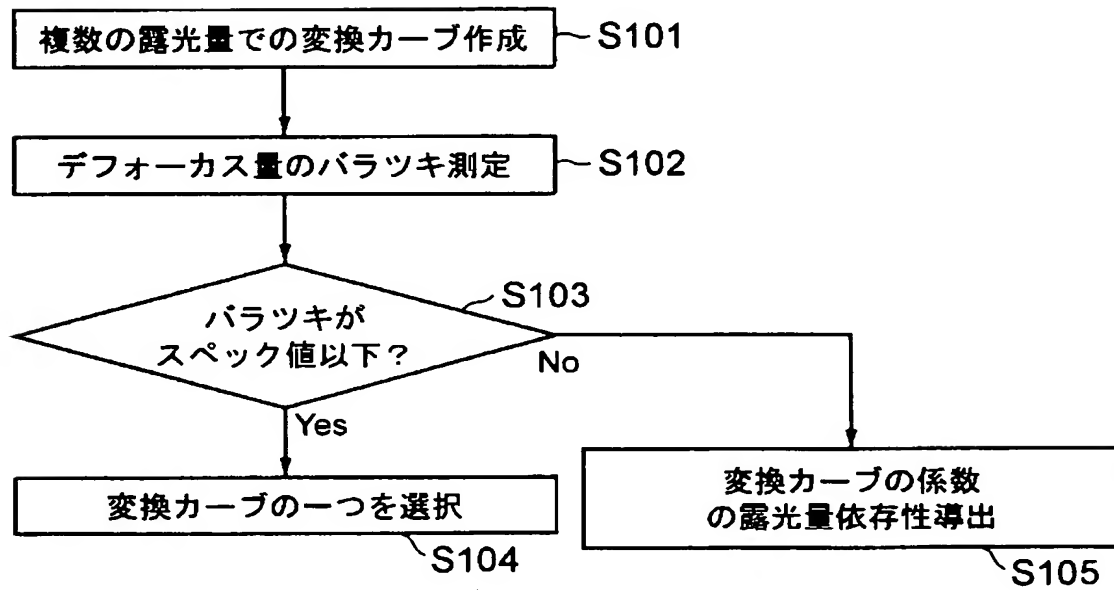




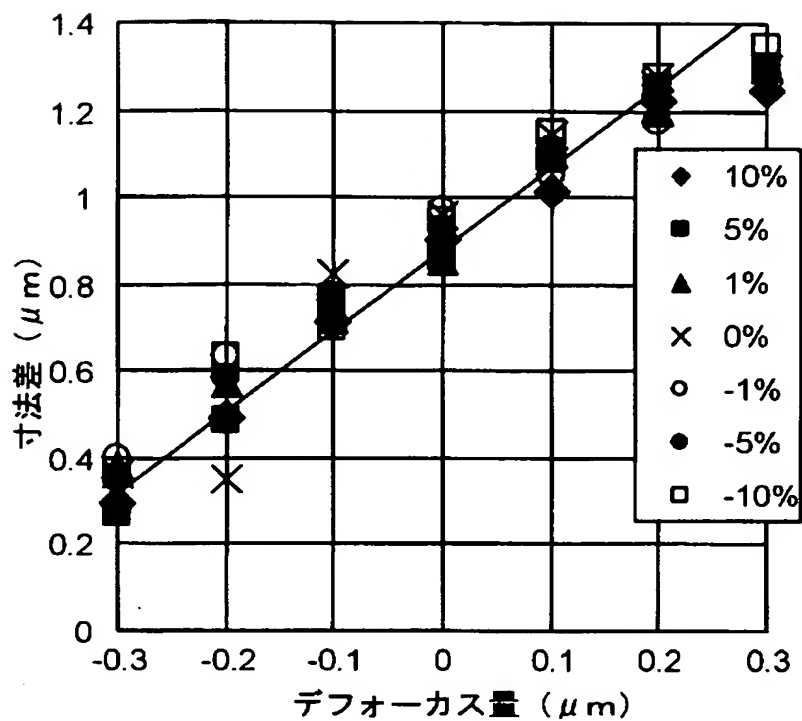
【図 5】



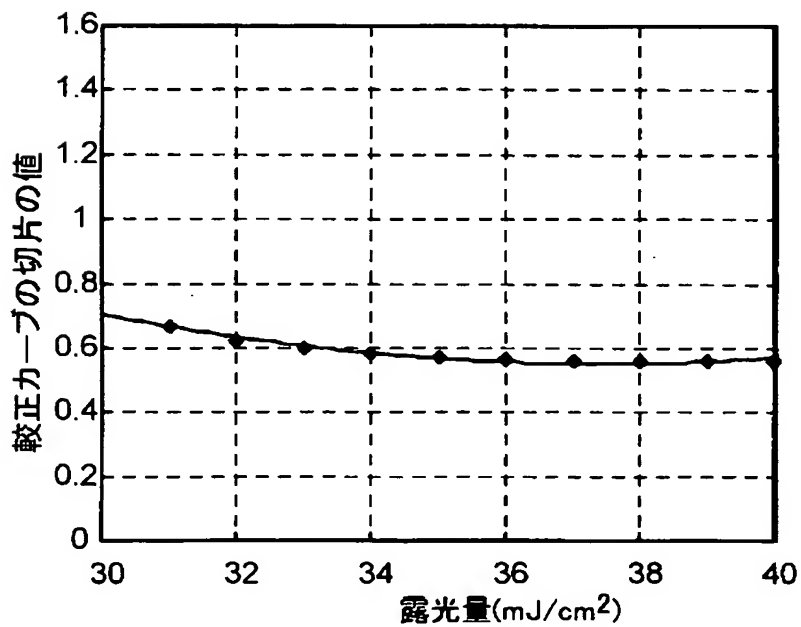
【図 6】



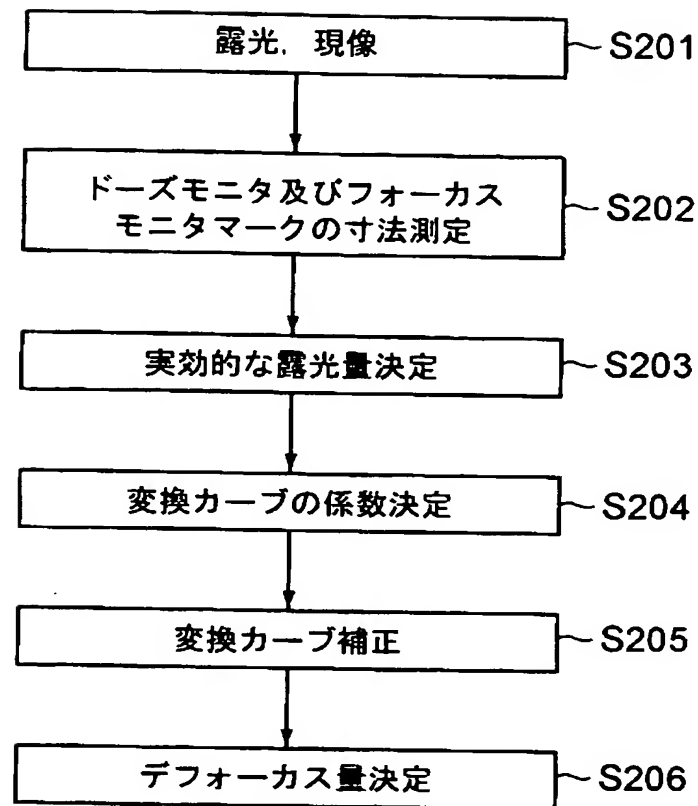
【図 7】



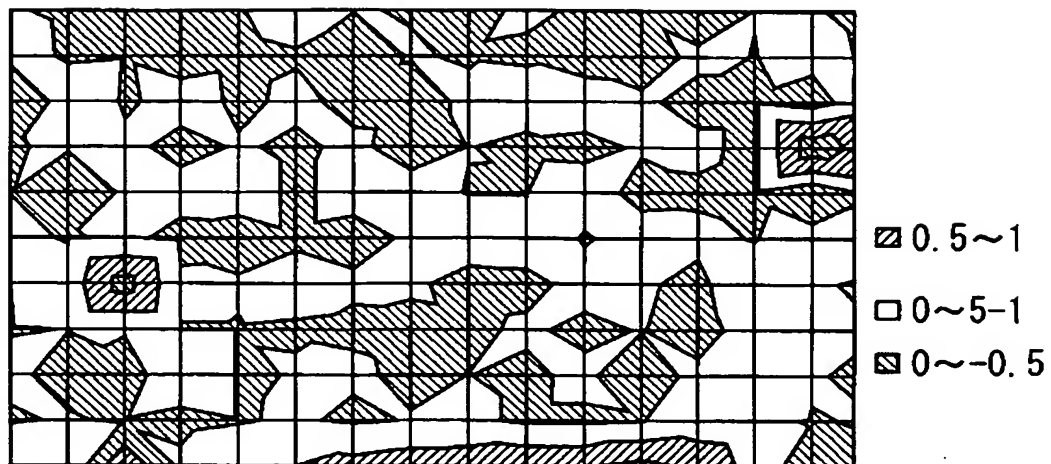
【図 8】



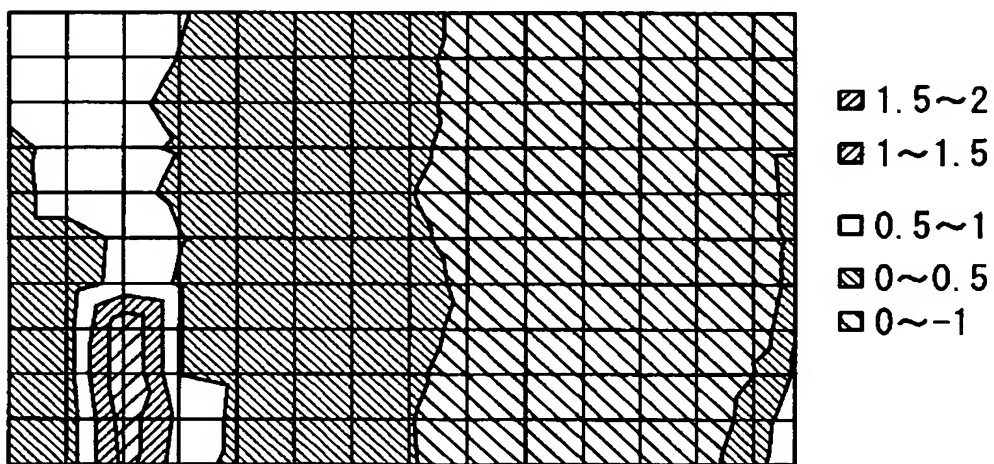
【図 9】



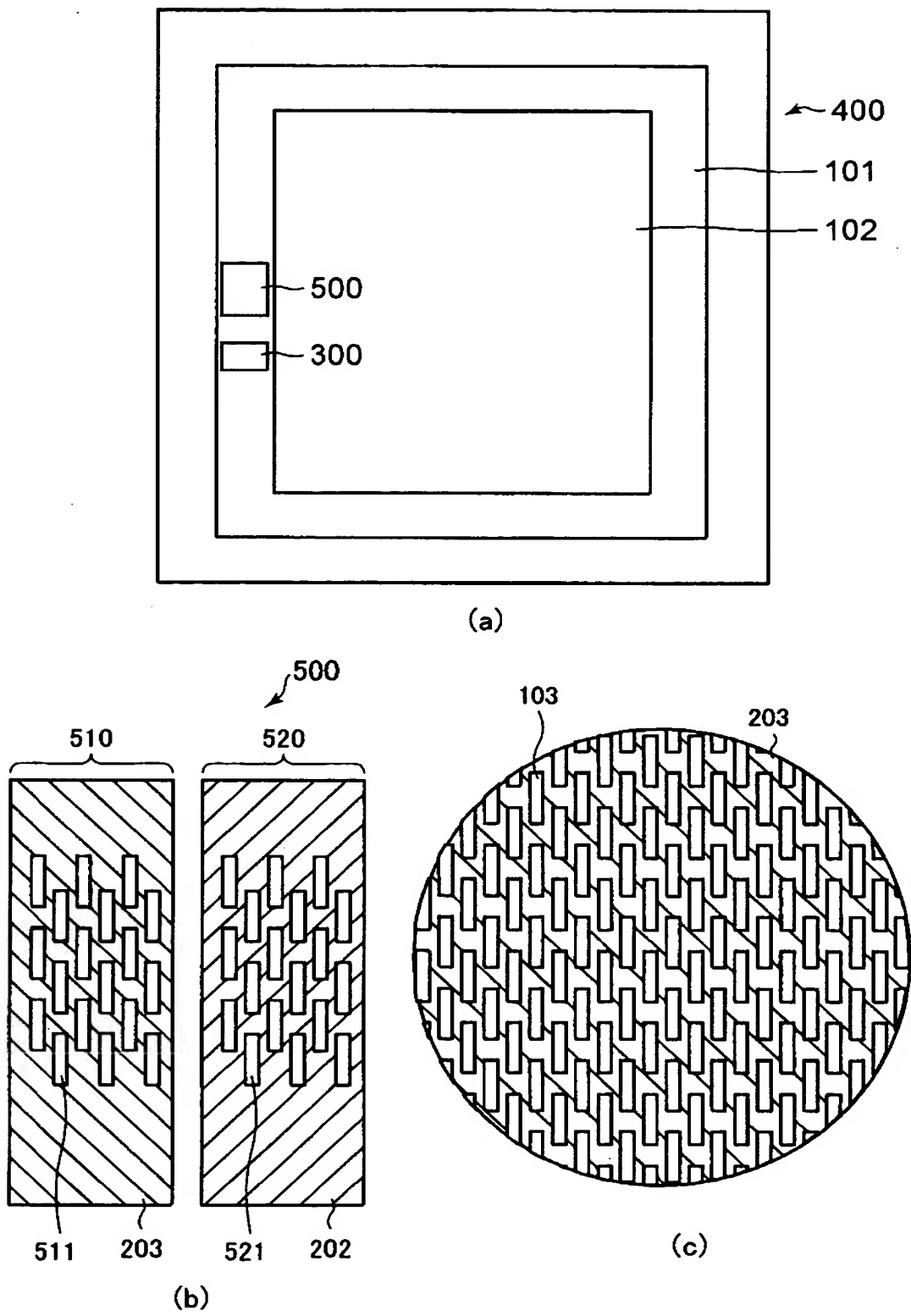
【図 10】



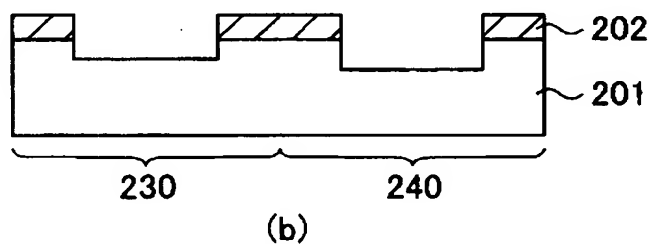
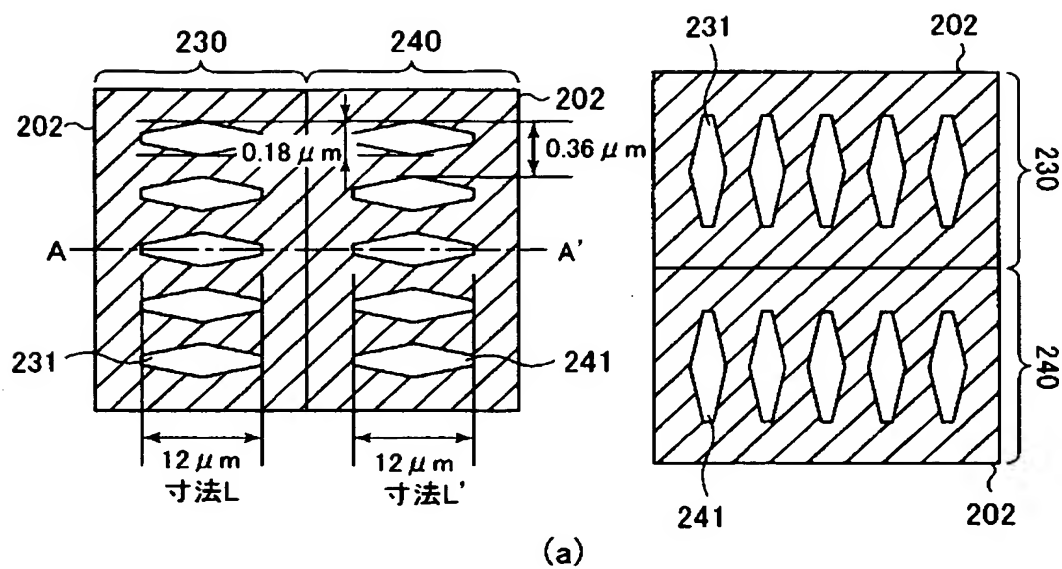
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 最適露光量から大きくずれた露光量でフォーカスモニタパターンを露光しても、求められるデフォーカス量の誤差を小さくすること。

【解決手段】 フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係と、露光量との関係を求める工程と、前記マスクを用いてフォーカスモニタパターン及び露光量メータをウェハ上に形成する工程と、前記露光量メータの寸法を測定し、実効的な露光量を求める工程と、求められた実効的な露光量と、前記フォーカスモニタマークの大きさとデフォーカス量との関係と露光量との関係とから、前記実効的な露光量に応じた前記フォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係を求める工程と、前記フォーカスモニタマークの寸法を測定する工程と、測定されたフォーカスモニタマークの寸法と、前記実効的な露光量に応じたフォーカスモニタマークの寸法とデフォーカス量との関係に基づいてデフォーカス量を求める。

【選択図】 図 9

特願 2 0 0 3 - 0 4 6 2 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 0 7 8 ]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名	株式会社東芝